



Snakes avec a priori en utilisant l'alignement de formes

Mohamed-Ali Chermi, Stéphane Derrode, Faouzi Ghorbel

► To cite this version:

Mohamed-Ali Chermi, Stéphane Derrode, Faouzi Ghorbel. Snakes avec a priori en utilisant l'alignement de formes. TAIMA'09, May 2009, Hammamet, France. hal-00437095

HAL Id: hal-00437095

<https://hal.science/hal-00437095>

Submitted on 29 Nov 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Snakes avec a priori en utilisant l'alignement de formes

M-A Charmi¹, S. Derrode², F. Ghorbel¹

¹ Laboratoire CRISTAL,
Groupe de Recherche Images et Formes de Tunisie (GRIFT),
Campus Universitaire de la Manouba 2010, Tunisie.
`charmi.ma@free.fr, faouzi.ghorbel@ensi.rnu.tn`

² Institut Fresnel (CNRS UMR 6133)
École Centrale Marseille,
Technopôle de Château-Gombert,
8, rue Frédéric Joliot Curie, 13451 Marseille Cedex 20, France.
`stephane.derrode@fresnel.fr`

Résumé Dans cet article, nous présentons une méthode de *snakes* avec *a priori* de forme géométrique. Nous utilisons l'alignement du *snake* en cours d'évolution avec une forme de référence introduite l'utilisateur pour ajouter de nouvelles forces attirant les *snakes* vers la forme de référence. La méthode proposée permet d'améliorer les résultats de l'algorithme dans le cas d'images bruitées, détecte des objets partiellement occultés et résout le problème d'évolution dans les zones concaves.

Mots clés *Snakes*, *a priori* de formes, Invariants, Fourier.

1 Introduction

Les contours actifs [5], *snakes*, sont des méthodes de détection de contours par la minimisation d'une fonctionnelle d'énergie. L'énergie des *snakes* est calculée à partir des niveaux de gris de l'image qui constituent des primitives de bas niveau. D'ici vient l'utilité d'ajouter des informations *a priori* sur ces modèles. Dans ce contexte, plusieurs travaux ont été présentés. Ces travaux introduisent deux familles d'*a priori* : un *a priori* de forme statistique par l'apprentissage des formes et un *a priori* de forme géométrique en utilisant des descripteurs de formes invariants

Dans la première famille, Staib et al. [7] proposent de modéliser les formes par une distribution de probabilité Gaussienne. *Diffusion Snakes* [2] introduisent un *a priori* statistique sur la forme au modèle de Mumford-Shah. Dans le contexte de l'*a priori* géométrique, nous citons l'utilisation des invariants de Fourier [1] et des moments de Legendre [3].

Notre travail traite l'ajout d'un *a priori* de forme géométrique sur le modèle des *snakes* en utilisant l'alignement de deux formes en minimisant une distance calculée sur leurs descripteurs de Fourier. Ceci nous permet de dégager de nouvelles forces qui attirent le contour en évolution vers la forme introduite par l'utilisateur.

Le reste de cet article est organisé comme suit : dans la deuxième partie, nous présentons la méthode d'alignement de formes. L'intégration de l'*a priori* sur la forme est décrite dans la section 3. Ensuite, nous montrons et discutons les résultats obtenus sur des images synthétiques et réelles. Nous finissons par la conclusion et perspectives de ce travail.

2 Alignement de Formes

Le contour d'un objet plan peut être représenté par une courbe paramétrée : $\gamma : [0, 2\pi] \longrightarrow \mathbb{C}$

$$l \longmapsto x(l) + i y(l), \quad (1)$$

avec $i^2 = -1$. Les coefficients de Fourier de γ sont données par :

$$C_k(\gamma) = \int_0^{2\pi} \gamma(l) e^{-ikl} dl, \quad k \in \mathbb{Z}. \quad (2)$$

Soient γ_1 et γ_2 deux courbes paramétrées centrées et normalisées de deux objets plans F_1 et F_2 . L'objectif de cette partie est de trouver les paramètres de transformation euclidienne entre les courbes γ_1 et γ_2 . Ghorbel [4] montre que (3) est une métrique entre les formes F_1 et F_2 .

$$d(F_1, F_2) = \inf_{(l_0, \theta) \in T^2} \|\gamma_1(l) - e^{i\theta} \gamma_2(l + l_0)\|, \quad (3)$$

où θ est l'angle de rotation avec $T = [0, 2\pi]$, l_0 est la différence entre les points de départ des deux courbes. On ne tient pas en compte ici de la translation et du facteur d'échelle α étant donné que les deux paramétrisations sont centrées par rapport à leur centres de masse respectifs et normalisées. Dans le domaine de Fourier, par le biais du théorème du retard, calculer cette distance revient à minimiser $f(\theta, l_0)$.

$$f(\theta, l_0) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} \left| C_k(\gamma_1) - e^{i(kl_0 + \theta)} C_k(\gamma_2) \right|^2. \quad (4)$$

Dans [6], Person & al. proposent une solution numérique pour calculer l_0 and θ . En effet, l_0 est une des zéros de $g(l)$

$$\begin{aligned} g(l) = & \sum_k \rho_k \sin(\psi_k + kl) \sum_k k \rho_k \cos(\psi_k + kl) \\ & - \sum_k k \rho_k \sin(\psi_k + kl) \sum_k \rho_k \cos(\psi_k + kl), \end{aligned} \quad (5)$$

où $\rho_k e^{i\psi_k} = C_k^*(\gamma_1) C_k(\gamma_2)$. θ vérifie l'équation (6) et minimise $f(\theta, l_0)$ où l_0 est une de l'équation (5).

$$\tan \theta = - \frac{\sum_k \rho_k \sin(\psi_k + kl_0)}{\sum_k \rho_k \cos(\psi_k + kl_0)}. \quad (6)$$

Une fois l_0 et θ calculés, le facteur d'échelle α est calculé par la formule suivante :

$$\alpha = \frac{\sum_k \rho \cos(\psi_k + kl_0 + \theta)}{\sum_k C_k(\gamma_1)C_k(\gamma_2)} \quad (7)$$

Ghorbel montre dans [4] l'unicité des paramètres trouvés. En effet, minimiser (4) est équivalent à calculer la distance de Hausdorff entre F_1 et F_2 dans le domaine de Fourier. La figure 1 montre un exemple d'alignement de deux contours de la même forme liées par une rotation θ et un décalage l_0 . La courbe de la figure 1(c) montre l'évolution de $g(l)$.

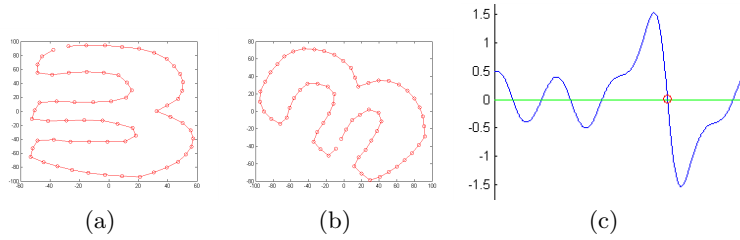


Figure 1. Exemple d'alignement de courbes en utilisant les descripteurs de Fourier : (a) et (b) sont les deux courbes liées par θ et l_0 ; (c) représente la variation de $g(l)$. Le point rouge correspond à l_0 .

3 Incorporation le l'a priori dans le modèle des *Snakes*

Un *snake* [5] est une courbe paramétrée $v(l, t)$ qui se déplace sous l'influence d'une fonctionnelle d'énergie pour plaquer les contours d'un objet. La fonctionnelle d'énergie des *snakes* comprend essentiellement deux termes :

- l'énergie interne qui permet le lissage du contour et évite l'apparition des angles aigus,
- l'énergie externe qui attire les contours vers les gradient fort de l'image.

$$E(v(l, t)) = \int_0^1 w_1 |v'(l, t)|^2 + w_2 |v''(l, t)|^2 - w_3 |\nabla (G_\sigma * I)|^2 dl. \quad (8)$$

avec w_1 , w_2 and w_3 les pondérations des différentes énergies des *snakes*. La minimisation de l'énergie par la méthode d'Euler Lagrange est donnée par l'équation suivante [5] :

$$(I_N + \tau \mathbf{A}) v(t) = v(t - 1) + \tau F_{ext}(v(t - 1)), \quad (9)$$

où \mathbf{A} est une matrice pentadiagonale symétrique calculée à partir des coefficient w_1 et w_2 . τ le pas temporel, N le nombre de points du *snake*, I_N la matrice identité et F_{ext} les forces dérivées de l'énergie externe :

$$F_{ext} = -\nabla |\nabla (G_\sigma * I)|^2. \quad (10)$$

Soit $v(t)$ le *snake* en cours d'évolution. v_r la forme représentant l'a priori de forme (forme de référence). à chaque iteration t , les paramètres l_0 et θ sont estimés à l'aide de l'algorithme expliqué dans la section 2. Les deux formes $v(t)$ et v_r n'ont pas exactement la même forme mais cette méthode donne la meilleure approximation des paramètres de transformation. On assure ainsi la correspondance entre le différents points des deux formes données par leurs paramétrisations en N points.

Ensuite, on construit $v_r(t)$, la forme alignée avec $v(t)$. Les descripteurs de Fourier $C_k(v_r(t))$ de v_r^t sont données par l'équation (11).

$$C_k(v_r(t)) = \frac{1}{\alpha} e^{-i\theta} e^{-ikl_0} C_k(v(t)). \quad (11)$$

On définit ainsi les forces $F_{forme}(t)$ dont la valeur en chaque point du *snakes* correspond à la direction et la norme du vecteur formé par chaque deux points homologues de $v(t)$ et $v_r(t)$.

$$F_{forme}(t) = \frac{v_r(t) - v(t)}{|v_r^t(t) - v(t)|}, \quad (12)$$

Les nouvelles forces des *snakes* deviennent alors :

$$F_{snakes} = c_1 F_{forme} + c_2 F_{ext}, \quad (13)$$

où c_1 et c_2 sont deux constantes qui pondèrent l'effet des deux forces du *snakes*. Ces deux paramètres sont déterminés d'une manière empiriques. Généralement, la valeur de c_2 est la plus importante.

4 Résultats expérimentaux

Nous présentons dans cette section les résultats de la méthode proposée. Nous commençons par illustrer l'effet des forces introduites au modèle. En absence des forces externes régies par les niveaux de gris ($c_2 = 0$) de l'image, le *snakes* évoluent vers la forme de référence. Dans la figure 2 nous montrons quelques itérations de la convergence du contours vers la forme de référence illustrée par la figure 2(d). Cet exemple montre aussi la capacité du modèle à évoluer dans les zones concaves. Les modèles paramétriques des *snakes* sont



Figure 2. Un contour évoluant sous l'influence des forces de formes uniquement.

connus par leur incapacité d'évoluer dans des zones concaves. Le modèle GVF [8] est l'un

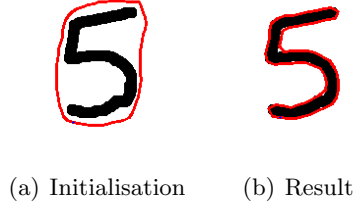


Figure 3. Résultats sur des formes concaves.

des rares modèle capable de surmonter cet obstacle mais ces résultats dépendent de la profondeur de la concavité. La méthode que nous présentons est capable d'évoluer dans les concavités comme le montre la Figure 3.

Nous avons testé notre méthode sur objets partiellement occultés et sur des images bruitées. Les résultats sont montrés dans la figure. 4. Malgré l'intensité du bruit (a), la forme en U est bien localisée. La méthode réussit aussi à trouver les contours d'un objet partiellement occulté (b). Ces résultats ont été comparés avec d'autres donnés par une méthode présentée récemment [1] et ils sont visuellement meilleures.

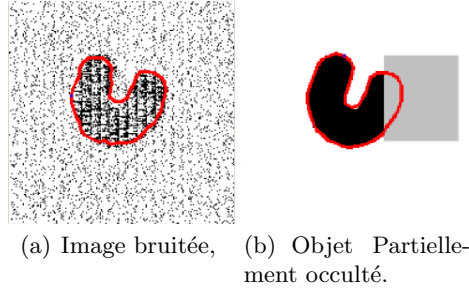


Figure 4. Résultats des snakes pour des images bruitées et présentant des objets partiellement occultés.

La méthode présentée donne des résultats meilleurs que les méthodes classiques. En effet, les informations *a priori* aident le contours à surmonter le bruit et les zones occultées. En plus, elles permettent d'attirer le contour dans les zones concaves même en absence du gradient de l'image. Cependant, la complexité numérique de l'algorithme est important par rapport aux modèles classiques des *snakes*. Le sur-coût provient du calcul de la FFT et de l'estimation des paramètres de la transformation euclidienne. Afin de réduire les temps de calculs, nous tronquons les coefficients de Fourier. Dans [4], Ghorbel montre expérimentalement que pour des formes relativement lisses, 20 coefficients de Fourier donnent une bonne approximation de θ et l_0 . En plus, nous réduisons notre espace de recherche au fur et à mesure de l'évolution de l'algorithme.

Nous avons appliqué la méthode à la segmentation des images scintigraphiques du myocarde en utilisant comme template un croquis d'une forme ressemblant à l'anatomie de l'objet recherché. L'initialisation a été placée autour du myocarde. Les résultats sont

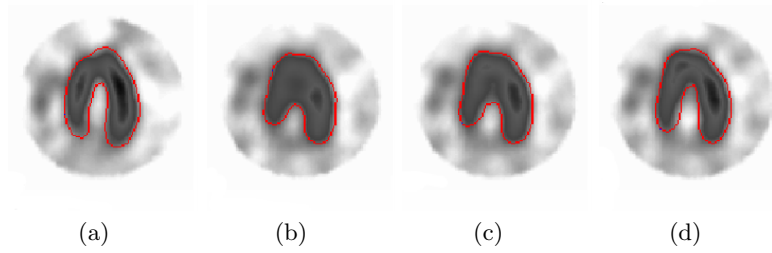


Figure 5. Application aux images scintigraphiques du myocarde.

présentés dans la figure 5 et semble visuellement satisfaisantes. Afin de tenir en compte des cas pathologiques, nous avons réduit l'influence des forces *a priori* c_1 par rapport à c_2 . L'apport de l'*a priori* est essentiellement dans l'évolution dans les zones concaves.

5 Conclusion

Tout le long de cet article, nous avons présenté une méthode d'incorporation d'*a priori* de forme géométrique au modèle des *snakes* en utilisant l'alignement entre la courbe en cours d'évolution et une forme de référence introduite par l'utilisateur. Cette méthode augmente la robustesse de l'algorithme pour les images bruitées et les objets partiellement occultés.

Dans la suite de travail, nous comptons appliquer cette méthode dans des applications de suivis d'objets rigides en mouvement. Nous travaillons aussi sur l'extension de ce travail à des transformation plus générale comme les invariants affines en utilisant les invariants adéquats.

Références

1. M. A. Charmi, S. Derrode, and F. Ghorbel. Fourier-based shape prior for snakes. *Pat. Recog. Let.*, 29(7) :897–904, 2008.
2. D. Cremers, F. Tischhauser, J. Weickert, and C. Schnorr. Diffusion snakes : introducing statistical shape knowledge into the Mumford-Shah functional. *Int. J. of Comp. Vis.*, 50 :295–313, 2002.
3. A. Foulonneau, P. Charbonnier, and F. Heitz. Affine-invariant geometric shape priors for region-based active contours. *IEEE trans. PAMI*, 28(8) :1352–1357, 2006.
4. F. Ghorbel. Towards a unitary formulation for invariant image description : application to image coding. *An. of telecom.*, 153(3) :145–155, 1998.
5. M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos. Snakes : active contour models. *Int. J. of Comp. Vis.*, 1(4) :321–331, 1988.
6. E. Persoon and K. S. Fu. Shape discrimination using Fourier descriptors. *IEEE trans. PAMI*, 8(3) :388–397, 1986.
7. L.H. Staib and J.S. Duncan. Boundary finding with parametrically deformable models. *IEEE trans. PAMI*, 14(11) :1061–1075, 1992.
8. C. Xu and J. Prince. Snakes, shapes, and gradient vector flow. *IEEE trans. IP*, 7(3) :359–369, 1998.